

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16

НОЯБРЬ, 1980

ВЫПУСК 4

УДК 523.855

МОРФОЛОГИЯ КОМПАКТНЫХ ГАЛАКТИК. I

Ф. БЕРНГЕН, А. Т. КАЛЛОГЛЯН

Принята к печати 15 мая 1980

Изучены профили яркости компактных и нормальных галактик, построенные на основе измерения эквидиситных диаметров. По градиенту профилей компактные галактики не отличаются от большинства нормальных галактик. Рассмотрение диаграммы на рис. 2 показывает, что наклон профилей постепенно увеличивается от галактик низкой поверхностной яркости к звездам. Некоторые очень компактные галактики попадают в область звезд. В исследованных пяти компактных группах компактных галактик выявлены некоторые объекты, которые нужно считать весьма компактными галактиками.

1. *Введение.* В наших предыдущих работах [1—3] мы приводили списки компактных галактик, обнаруженных в общем поле на шмидтовских пластинках Таутенбургского двухметрового телескопа, полученных в цветовой системе В и V. Объекты были отобраны по их высокой поверхностной яркости и сферичности формы. При этом в указанные списки не были включены компактные части некомпактных галактик. В ходе исследований было показано, что поверхностная плотность компактных галактик до $V = 18^m$ в общем поле достигает порядка десяти на кв. градус, а дисперсия в распределении показателей цвета существенно больше, чем у нормальных галактик типов E и S0.

Однако глазомерная оценка нижнего предела поверхностной яркости, выше которого галактика по применяемым критериям считается компактной, зачастую носит субъективный характер. Поэтому диапазон поверхностной яркости компактных галактик может меняться от одного списка к другому в работах как одних и тех же авторов, так и, тем более, в работах разных авторов. По всей вероятности, это и является основной причиной того, что среди компактных галактик Цвикки [4] встречаются самые разнообразные по своим физическим характеристикам объекты. Сказан-

ное в полной мере справедливо также в случае компактных групп компактных галактик, найденных на картах Паломарского атласа (см., например, [5]). Между тем, для выяснения вопроса, составляют ли компактные галактики обособленную группу объектов, необходимо иметь объективные критерии при их отождествлении. Применение подобных критериев поможет также в классификации компактных галактик.

Одним из наиболее доступных методов является метод построения профилей яркости галактик. Корменди [6] построил фотографические профили для нескольких компактных галактик Цвикки посредством поверхностной фотометрии. Из сравнения с нормальными галактиками Корменди заключает, что по общим фотометрическим характеристикам компактные галактики не отличаются от нормальных галактик типов E и S0.

В настоящей работе, на основе измерения эквиденситных диаметров, построены профили для 70 компактных галактик из списка [3], для находящихся в той же области нормальных галактик и объектов, входящих в пять компактных групп компактных галактик из списка [7]. Для сравнения построены также профили нескольких десятков звезд разной яркости.

2. *Методика исследования.* Со шмидтовской пластинки, полученной в цвете V на двухметровом телескопе Таутенбургской обсерватории (масштаб около $51''$ на мм) и использованной в работе [3], получена серия эквиденситных изображений на разных уровнях плотностей над уровнем плотности фона пластинки. Первой эквиденсите соответствует плотность на 0.03 выше плотности фона пластинки. Последующие эквиденситы отличаются друг от друга на 0.1 или 0.2. При этом последняя эквиденсита соответствует самым центральным областям объектов, независимо от их яркости. На полученных эквиденситных пленках с 200-кратным увеличением измерялись диаметры эквиденсит всех изучаемых объектов. Для ярчайших из них, как галактик, так и звезд, диаметры измерялись на семи эквиденситах. Для наиболее слабых из исследуемых галактик число измеренных эквиденсит не меньше трех. Затем, измеряя относительные интенсивности I эквиденсит по фотометрическому клину, отпечатанному на чистом фоне пластинки, строились диаграммы зависимостей $\lg I$ от эквиденситных диаметров объекта D , то есть его профиль. В общей сложности эквиденситные диаметры были определены для 70 компактных галактик из [3], 28 объектов в компактных группах компактных галактик № 85, 87, 90, 92 и 93 из списка Байера и др. [7] и 27 нормальных галактик, не включенных по своим невысоким поверхностным яркостям в список [3]. Кроме того, профили были построены примерно для 70 звезд разной яркости. Все исследуемые объекты находятся на одной и той же пластинке с координатами центра $\alpha = 07^h 59^m$, $\delta = 54^\circ 44'$. V-величины звезд и объектов в компактных группах измерялись на ирисовом фотометре Таутенбургской

обсерватории, в качестве стандартов были использованы звезды в шаровом скоплении МЗ. Звездные величины 70 компактных галактик в поле были определены в [3]. Для нормальных галактик звездные величины не определялись.

3. *Результаты.* Исследование показало, что на диаграммах ($\lg I, D$) профили звезд в довольно широком интервале звездных величин от $14^m.5$ до $18^m.0$ параллельны друг другу. При этом они оказались прямолинейными от самых внешних частей изображений звезд до расстояния от их центра, составляющего примерно 20% внешнего диаметра каждой звезды. К центрам звезд профили искривляются, при этом по-разному для звезд разных яркостей.

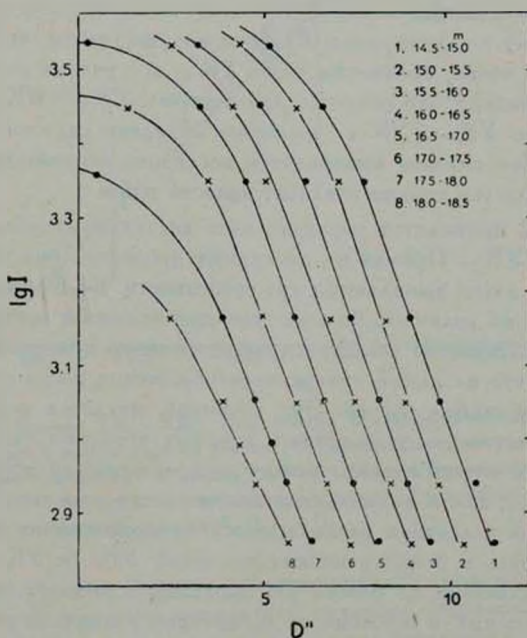


Рис. 1. Профили звезд, усредненные в интервалах $0^m.5$.

На рис. 1 показаны усредненные в интервалах $0^m.5$ профили звезд от $V = 14^m.5$ до $V = 18^m.5$. Как видим, в довольно большом диапазоне D градиенты профилей не меняются вплоть до самых внешних частей изображений звезд. Прямолинейность звездных профилей до указанного выше внутреннего диаметра позволяет путем сравнения угловых коэффициентов

профилей звезд и галактик судить о степени компактности последних. Будем считать, что чем ближе наклон профиля галактики к звездному, тем она более компактная. Следует, однако, иметь в виду, что в случае галактик профили не всегда достаточно хорошо аппроксимируются прямой. Как это имеет место для звезд. Это тем более справедливо, когда галактика имеет заметное гало. Из-за наличия последнего, во внешних частях галактик профили становятся более пологими. Это обстоятельство использовано нами для грубой оценки протяженности гало. С этой целью угловые коэффициенты профилей галактик и звезд вычислялись двояко: без учета в вычислениях точки, соответствующей внешнему диаметру эквиденситы с наименьшей плотностью объектов, и с учетом этой точки. Заметим, что в подавляющем большинстве случаев именно эта точка отклоняет профили компактных галактик от прямой. При вычислении обоих угловых коэффициентов центральные области объектов были исключены, аналогично вышесказанному в случае звезд. Угловые коэффициенты, вычисленные без учета внешней точки, обозначим через $УК_{-}$, а с учетом этой точки — через $УК_{+}$. Очевидно, что объекты, для которых $УК_{+} \geq УК_{-}$, лишены гало, а объекты с $УК_{+} < УК_{-}$, наоборот, обладают гало той или иной протяженности. Чем сильнее выполняется последнее неравенство, тем протяженнее гало, или тем меньше градиент яркости в нем.

На рис. 2 приводится распределение исследуемых объектов на диаграмме $УК_{-}$, $УК_{+}$. Прямая на диаграмме проведена под углом в 45° . В распределении звезд выявляются две особенности. Во-первых, оба угловых коэффициента по величине больше, чем для основной массы галактик и, во-вторых, большинство звезд располагается ниже прямой в 45° . Последнее означает, что на нашей пластинке изображения звезд совершенно лишены внешних слабых частей. Это, очевидно, является результатом особенностей шмидтовских телескопов и хороших погодных условий. На диаграмме имеется резкая граница между распределениями звезд и галактик, как компактных, так и нормальных. Большинство компактных галактик и все нормальные галактики располагаются на продолжении области, занимаемой звездами, в сторону низких значений $УК_{+}$ и $УК_{-}$. Некоторые компактные галактики из списка [3] попадают в область звезд. Возможно, что часть из них, в особенности те, которые находятся в верхней части диаграммы и расположены ниже прямой в 45° , являются звездами.

По распределению на диаграмме рис. 1 «нормальные» галактики ничем не отличаются от компактных галактик общего поля. Некоторые из них занимают нижний угол диаграммы с малыми значениями угловых коэффициентов. Очевидно, что эта область должна быть заполнена галактиками низкой поверхностной яркости. Рассмотренные в настоящей работе «нормальные» галактики в основном обладают более или менее высокой поверхностной яркостью, однако они не удовлетворяют применяемым

критериям компактности. Таким образом, по профилям яркости исследуемые «нормальные» галактики могли быть отнесены к числу компактных.

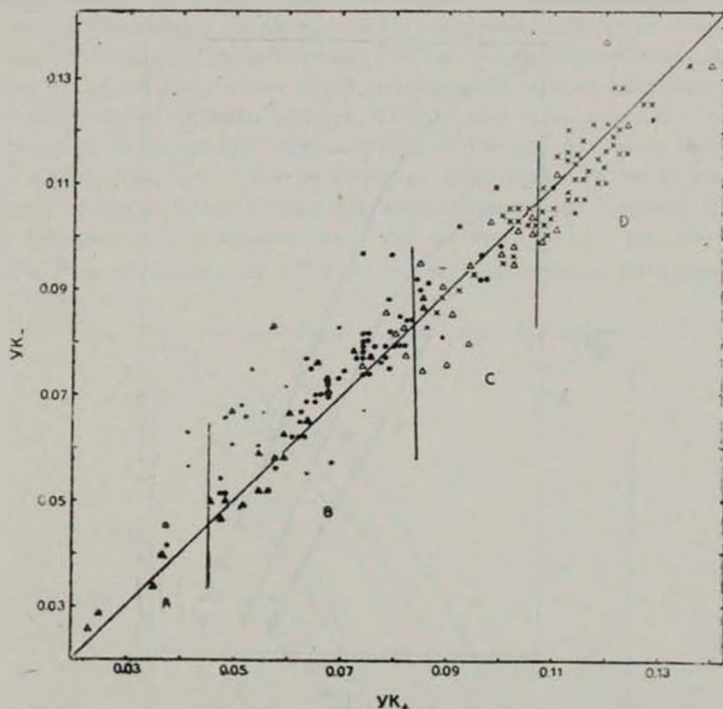


Рис. 2. Диаграмма UK_- , UK_+ для разных объектов. Точками обозначены компактные галактики в общем поле по списку [3], открытыми треугольниками — компактные галактики в компактных группах, заполненными треугольниками — галактики невысокой поверхностной яркости, крестиками — звезды. Вертикальными линиями диаграмма условно разделена на области А, В, С и D.

Как видно из рис. 2, почти все ярчайшие объекты, входящие в исследуемые компактные группы компактных галактик, сосредоточены в области звезд. Более того, часть из них располагается ниже прямой в 45° , то есть они являются объектами, лишенными гало. По индивидуальным профилям яркости многие из этих объектов напоминают звезды. Для иллюстрации на рис. 3 приводятся усредненные в интервалах 0^m5 профили яркости объектов в исследуемых пяти компактных группах компактных галактик. Точки, соответствующие этим объектам, хорошо следуют усредненным в тех же интервалах звездным профилям (сплошные линии), заимствованным из рис. 1. В табл. 1 приводится распределение объектов в ком-

пактных группах компактных галактик по звездным величинам. В последнем столбце таблицы приведены общие числа объектов, по которым проведено усреднение профилей на рис. 3. В табл. 1 включено лишь 27 объек-

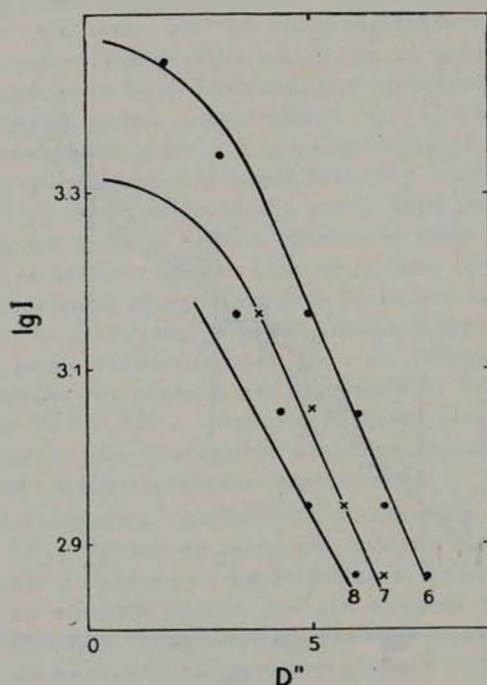


Рис. 3. Профили компактных галактик в компактных группах № 85, 87, 90, 92 и 93 по [7], усредненные в интервалах 0^m5 . Кривые и их номера соответствуют звездным профилям согласно рис. 1.

Таблица 1

Интервал зв. величин	Номер КГКГ					N
	85	87	90	92	93	
17^m0-17^m5	1	2	1	1	—	5
$17.5-18.0$	1	—	2	2	2	7
$18.0-18.5$	4	2	5	1	3	15

тов. Общее же число объектов, входящих в исследуемые пять групп, согласно работе [7] равняется 45. Остальные 18 объектов слабее 18^m5 , и построение профилей для них, из-за малого количества измеренных эквидиситных диаметров, проводилось неуверенно.

С целью экономии места, на рис. 4 приводятся индивидуальные профили лишь для некоторых наиболее компактных галактик из списка [3]. Отметим, что эти галактики обладают весьма высокой поверхностной яркостью, а изображения их на картах Паломарского обозрения сильно насыщены. Эти объекты представляют собой классические примеры компактных галактик. По степени своей компактности они не уступают наиболее компактным галактикам Цвикки. Общим для всех проиллюстрированных галактик является наличие гало вокруг них той или иной протяженности. Кроме того, в отличие от объектов компактных групп компактных галактик, профили отождествленных нами компактных галактик существенно отличаются от профилей звезд той же яркости (см. рис. 1). Галактики № 39 и 49, примерно $17^m 5$, по своим профилям не обладают гало.

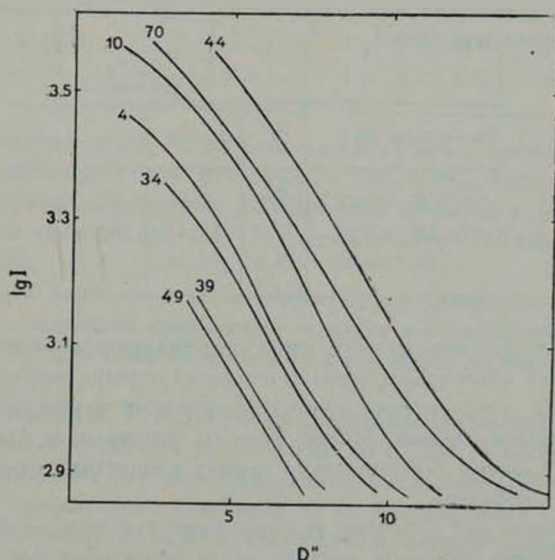


Рис. 4. Профили некоторых компактных галактик из общего поля. Номера объектов согласно работе [3].

Однако эти профили определенно более пологие, чем профили звезд той же яркости. На Паломарских картах изображения обоих объектов почти не отличаются от звездных, но на наших пластинках они уверенно отождествляются с галактиками.

Таким образом, при отсутствии гало величины угловых коэффициентов профилей позволяют отделить галактики от звезд.

4. *Обсуждение.* Основные результаты настоящей работы сводятся к следующему.

В подавляющем большинстве случаев компактные галактики поля из списка [3], отобранные по их высокой поверхностной яркости, обладают гало той или иной протяженности. Сопоставление значений угловых коэффициентов $УК_-$ и $УК_+$ показывает, что нет корреляции между наличием гало и градиентом профиля галактики, вычисленным без внешней точки, то есть от $УК_-$. С другой стороны, угловой коэффициент $УК_-$ в среднем возрастает при ослаблении галактик. Это означает, что слабые компактные галактики по градиенту яркости приближаются к звездам. В табл. 2 приведены средние звездные величины V компактных галактик поля вдоль зависимости на рис. 2, вычисленные по трем интервалам $УК_-$. В третьем столбце таблицы приведены среднеквадратические отклонения σ величин V от их средних значений, а в четвертом столбце — число галактик n , по которым проведено усреднение.

Таблица 2

Интервалы $УК_-$	V	σ	n
$УК_+ < 0.07$	16. ^m 9	± 0.66	31
$0.07 < УК_- < 0.09$	17.2	± 0.47	29
$УК_- > 0.09$	17.5	± 0.35	9

Данные таблицы показывают, что отождествление компактных галактик среди слабых объектов становится все более и более затруднительным, тем более тогда, когда поиски слабых компактных галактик ведутся на картах Паломарского атласа. Можно сказать, что наличие гало является необходимым условием для выделения слабых компактных галактик среди звездообразных объектов.

На диаграмме рис. 2 можно условно выделить четыре области. Эти области на рисунке отделены друг от друга вертикальными линиями и обозначены буквами А, В, С и D. Можно с уверенностью сказать, что в область А попадают галактики низкой поверхностной яркости, а в область D — почти только звезды. Подавляющее большинство компактных галактик поля располагается в области В. Однако сюда же попадает большинство галактик, не включенных по своей поверхностной яркости в список компактных. Это говорит о том, что по градиенту профилей яркости компактные галактики часто трудно отличить от большинства нормальных галактик, не удовлетворяющих критериям компактности. Этот результат находится в соответствии с выводом Корменди [6] о сходстве компактных

и нормальных галактик по своим общим фотометрическим характеристикам.

Область С на рис. 2 является промежуточной между областями компактных галактик поля и звезд. 10 объектов из списка [3] попадают в эту область. Эти объекты определенно являются галактиками. Из 27 объектов ярче $18^m.5$, входящих в исследуемые компактные группы компактных галактик, 19 располагаются в области С (некоторые — в В). Это дает основание предполагать, что по крайней мере некоторые из них являются компактными галактиками. Распределение этих объектов по группам дано в табл. 3. Номера объектов приведены согласно работе [7].

Таблица 3

№ группы	85	87	90	92	93
№ объекта ($V < 18^m.0$)	1—3	1, 2	1, 4, 5	8	—
в группе ($18^m.0 < V < 18^m.5$)	4, 5	4, 5	2, 6, 8	3	3, 4

Все 5 объектов группы № 85 располагаются выше прямой в 45° , то есть обладают некоторым гало. Эти объекты, действительно, должны быть весьма компактными галактиками. Большинство объектов в других группах расположено ниже прямой в 45° , и трудно сказать что-либо определенное об их природе.

В следующей части этой серии работ будут приведены результаты аналогичного исследования компактных галактик в области скопления галактик А 2255. В этой области имеются также около 50 компактных галактик Цвикки.

Один из авторов (А. Т. К.) глубоко благодарен руководству и сотрудникам Центрального института астрофизики АН ГДР за гостеприимство и содействие, оказанное ему во время работы в Таутенбургской обсерватории. Авторы признательны академику В. А. Амбарцумяну за полезное обсуждение и В. Хёгнеру — за подготовку эквиденситных пленок.

Центральный институт астрофизики АН ГДР
Бюраканская астрофизическая обсерватория

MORPHOLOGY OF COMPACT GALAXIES. I

F. BÖRNGEN, A. T. KALLOGLHIAN

The brightness profiles constructed by means of equidensity diameters for compact and normal galaxies are investigated. In profile gradients the compact galaxies are similar to normal galaxies. The dia-

gram on Fig. 2 shows that the profile inclination rises gradually from galaxies of low surface brightness towards the stars. Some very compact galaxies are located in the stars' region. Several very compact galaxies have been revealed in five compact groups of compact galaxies.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Бёрнген, А. Т. Каллоглян, *Астрофизика*, 14, 613, 1978.
2. Ф. Бёрнген, А. Т. Каллоглян, *Астрофизика*, 15, 393, 1979.
3. Ф. Бёрнген, А. Т. Каллоглян, *Астрофизика*, 16, 25, 1980.
4. F. Zwicky, *Catalogue of Selected Compact Galaxies and Post-Eruptive Galaxies*, Zurich, 1971.
5. Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 9, 495, 1973.
6. J. Kormendy, *Ap. J.*, 214, 359, 1977.
7. Ф. Байер, М. Б. Петросян, Г. Тирш, Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 10, 327, 1974.